BOIS Lola 1S1
ESSEBBAH Imane 1S2
RICHEZ Anaëlle 1S1

TPE

LA CUISINE MOLECULAIRE

Thème : Matière et forme

Problématique : En quoi la cuisine moléculaire est-elle bénéfique pour le consommateur ?



Photographie réalisée par RICHEZ Anaëlle, BOIS Lola, ESSEBBAH Imane

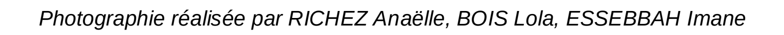
Année scolaire : 2015-2016

REMERCIEMENTS

Merci à Mme Lukowitz, notre professeur tuteur, qui a su nous orienter durant cette réalisation.

Merci à M. Noury, pour nous avoir donné de précieux conseils concernant le contenu de ce dossier.

Enfin, merci aux 33 lycéens qui ont accepté de participer à notre évaluation sensorielle.



Photographie réalisée par RICHEZ Anaëlle, BOIS Lola, ESSEBBAH Imane

SOMMAIRE

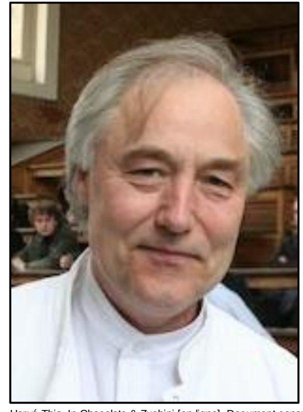
Introduction 1
1. Évaluation sensorielle de recettes traditionnelles et moléculaires 2
1.1. Présentation de l’évaluation sensorielle 2
1.1.1. Organisation de l'évaluation sensorielle..2
1.1.2. Explication de l'expérience..2
1.2. Résultats de cette évaluation 5
2. Procédés de la cuisine moléculaire.. 6
2.1. Gélification 6
2.2. La sphérification 9
2.3. Émulsification 11
2.4. Effervescence 13
3. Les effets bénéfiques de la cuisine moléculaire pour l’organisme 14
3.1. Intérêt nutritionnel 14
3.1.1. Les bases de l'apport énergétique...14
3.1.2. L'apport de la cuisine moléculaire dans la nutrition 18
3.2. Substitution d’aliments interdits aux consommateurs 20
3.2.1. Les allergènes...20
3.2.2. Alternatives à l'alimentation de certaines personnes âgées.........23
3.3. Effet gustatif 25
3.3.1. Comment fonctionne le goût ?...25
3.3.2. Préférences gustatives : entre patrimoine génétique et habitudes alimentaires...27
Conclusion...29
Lexique...30
Annexe..32
Bibliographie..33

INTRODUCTION

La cuisine moléculaire est l'alliance de la science et de la cuisine. Elle est caractérisée par l'étude des transformations chimiques des aliments, elle permet de leur donner de nouvelles textures et de créer de nouveaux mélanges. Ainsi, nous pouvons dire que la cuisine moléculaire consiste à comprendre de manière scientifique les techniques utilisées par la cuisine traditionnelle.

L'étude des phénomènes moléculaires au sein des aliments est réalisée depuis très longtemps : en effet, au IIIème siècle avant JC, les Égyptiens commençaient à étudier la fermentation de la viande. Nous pouvons également citer Antoine Lavoisier, qui a travaillé sur le phénomène du bouillon de bœuf en 1783 ou encore Brillat-Savarin qui a écrit au XIXème siècle l'ouvrage culinaire nommé <u>*La Physiologie du Goût*</u>, traitant de l'importance de la chimie dans la cuisine.





Hervé This, In Chocolate & Zuchini [en ligne]. Document consulté le 14/01/16. Disponible sur : http://chocolateandzucchini.com/vf/interview/dessine-moi-un-frigo/dessine-moi-un-frigo-herve-this/

Hervé This, chimiste, a étudié depuis les années 80, les mécanismes physiques et chimiques qui caractérisent les transformations culinaires. Il a inventé, avec Nicholas Kurti physicien hongrois, le terme "gastronomie moléculaire en 1988 et a à ce propos soutenu une thèse en 1996 : "La gastronomie moléculaire et physique".

En tant que spécialistes de la cuisine moléculaire, nous pouvons aussi citer le cuisinier étoilé Thierry Marx ; ainsi que Ferran Adria qui a réinventé la cuisine espagnole que l'on peut déguster dans son restaurant <u>*El Bulli*</u>.

Nous allons chercher à savoir si la cuisine moléculaire peut avoir des effets bénéfiques sur le consommateur, en prenant pour exemple, tout au long de notre étude, le chocolat. Celle-ci sera tout d'abord présentée à travers une évaluation sensorielle comparant des recettes traditionnelles et moléculaires, ensuite à travers l'explication des différentes techniques de la cuisine moléculaire et enfin de par ses bénéfices pour le consommateur.

1. Évaluation sensorielle de recettes traditionnelles et moléculaires

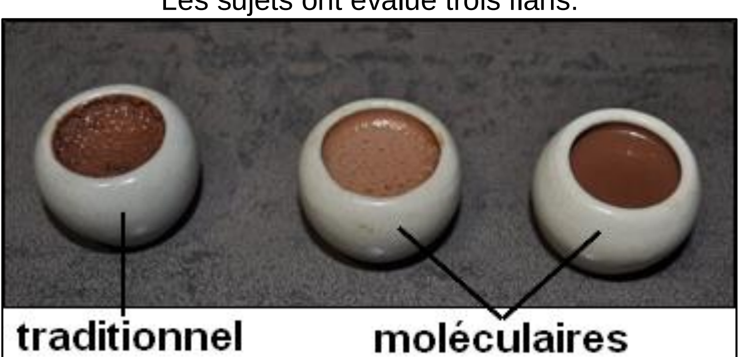
1.1. Présentation de l'évaluation sensorielle

1.1.1. Organisation de l'évaluation sensorielle

L'évaluation sensorielle est une méthode scientifique utilisée pour évaluer les caractéristiques d'un aliment à l'aide d'un instrument de mesure particulier : l'homme et ses cinq sens.
Cette technique va nous permettre de mesurer, d'analyser et d'interpréter les perceptions sensorielles (vue, ouïe, odorat, toucher, goût). Cette méthode est utilisée lorsque nous ne sommes pas capables de décrire un produit tel que l'homme le perçoit. En effet, il est important de connaître l'avis des consommateurs lorsqu'ils goûtent le produit afin de pouvoir l'adapter en fonction de leurs préférences.

L'évaluation sensorielle que nous avons donc réalisée avait pour but d'étudier les préférences du consommateur et les différences qu'il distingue entre la cuisine moléculaire et la cuisine traditionnelle. Nous avons pris pour exemple le **flan au chocolat**.
Le test s'est déroulé dans l'enceinte du lycée. Nous avons interrogé des lycéens et des enseignants et nous avons ainsi obtenu 33 réponses.

Les sujets ont évalué trois flans:



L'un était issu de la cuisine traditionnelle et les deux autres provenaient de la cuisine moléculaire. Nous n'avons pas informé les sujets de cette différence. Les flans étaient accompagnés d'un questionnaire (Annexe) :

- Nous leur avons demandé d'évaluer l'intensité chocolatée puis l'intensité sucrée sur une échelle allant de 0 à 5.
- Nous avons également souhaité savoir lequel des trois produits présentés se rapprochait le plus de l'image que les sondés se faisaient d'un flan et de sa texture.
- Enfin, nous avons cherché à savoir quel était le flan préféré par les sondés.

1.1.2. Explication de l'expérience

L'expérience que nous avons réalisée est, comme nous l'avons mentionné précédemment, composée d'une recette traditionnelle et de deux recettes moléculaires.
La recette traditionnelle a été préparée à partir de lait, d'œufs, de sucre et de chocolat, alors que les recettes moléculaires ne comportent pas d'œufs, lesquels sont remplacés par des additifs ayant des fonctions gélifiantes : agar-agar (additif E406) et kappa carraghénane (E407).

Ingrédients	Flan traditionnel	Flan moléculaire (agar-agar)	Flan moléculaire (carraghénanes)
Lait	53,90%	71,31%	71,31%
Œufs	17,73%	0%	0%
Chocolat	14,18%	14,18%	14,18%
Sucre	14,18%	14,18%	14,18%
Agar-agar	0%	0,34%	0%
Carraghénanes	0%	0%	0,34%
Total	100%	100%	100%

Tableau des pourcentages des composants des différentes recettes

Étapes de réalisation du flan traditionnel :

- Faire fondre le chocolat au bain-marie
- Mélanger les œufs et le chocolat
- Mélanger le lait et le sucre et porter le mélange à ébullition
- Verser le lait sucré progressivement sur le mélange œufs/chocolat et homogénéiser
- Répartir la préparation dans des moules
- Cuire au four au bain-marie pendant 15 minutes à 175°C
- Refroidir les flans

La solidification des flans traditionnels est permise par la coagulation des protéines de l'œuf sous l'action de la chaleur. En effet, les protéines de l'œuf sont composées d'acides aminés liés par des liaisons peptidiques et à certains endroits de la chaîne d'acides aminés par des liaisons hydrogènes. Sous l'effet de la chaleur, les liaisons hydrogènes sont rompues et les protéines sont dénaturées : elles se déroulent. Ensuite, les parties devenues accessibles se lient avec par exemple des molécules d'eau et à d'autres protéines grâce à des ponts disulfures : c'est la coagulation.

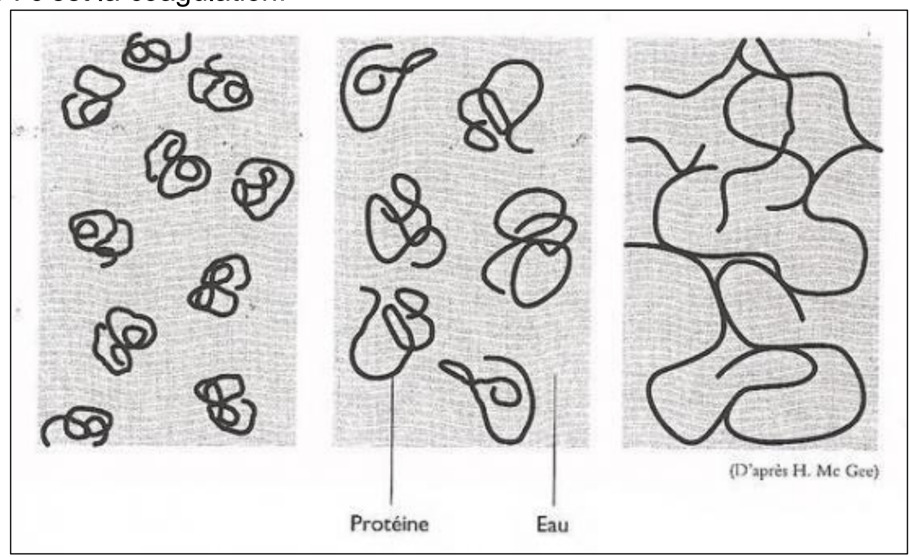


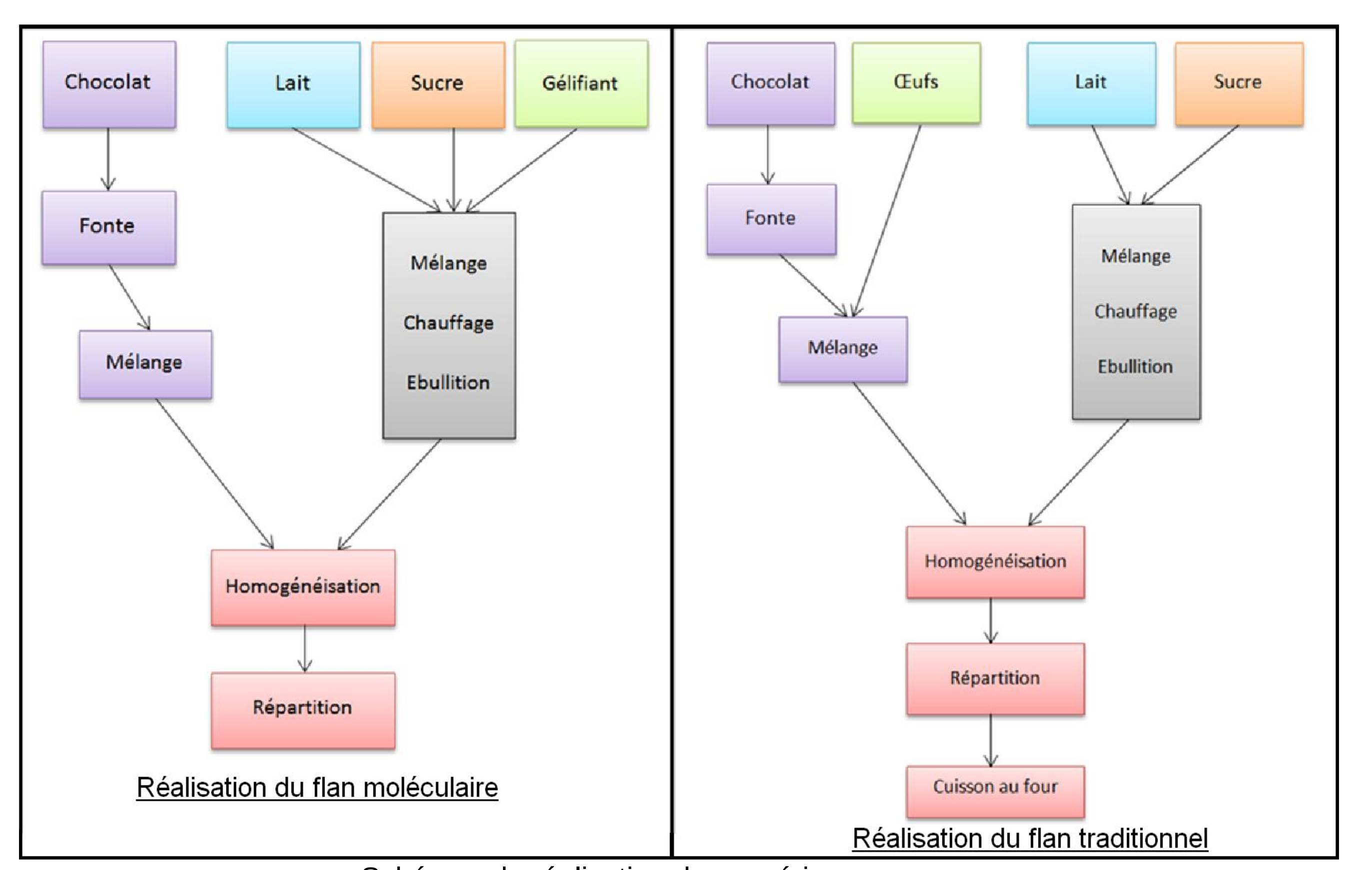
Schéma de coagulation des protéines de l'œuf

THIS, Hervé. *Casseroles et éprouvettes*. Belin, 2002. Bibliothèque scientifique. 664 .THI


Flans traditionnels avant cuisson

Ensuite, pour réaliser **les flans moléculaires**, nous avons équilibré les formulations des recettes et avons utilisé **les mêmes pourcentages pour le sucre et le chocolat** que pour la recette traditionnelle. Également, nous avons mis le **même pourcentage d'additifs** dans les deux recettes moléculaires, **autant de kappa carraghénane que d'agar-agar**.
Contrairement à la recette traditionnelle, ces flans n'ont pas besoin de cuisson au four pour gélifier. Ce seront les additifs présents dans les flans moléculaires qui permettront la solidification de la préparation.
Pour ces recettes, nous portons à ébullition le mélange lait, sucre et gélifiant et l'ajoutons au chocolat fondu. Dans cette réalisation, l'activité gélifiante des additifs est induite par l'ébullition et sera perceptible lors du refroidissement.

Les diagrammes suivants permettent de comparer les techniques de fabrication des différents flans :



Réalisation du flan moléculaire

Réalisation du flan traditionnel

Schémas de réalisation des expériences

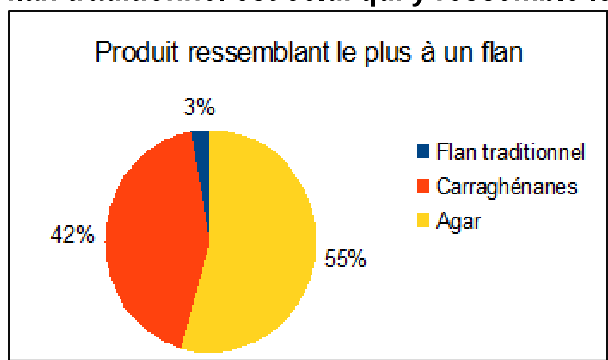
1.2. Résultats de cette évaluation

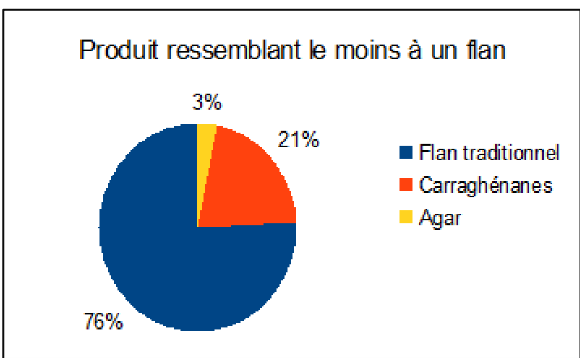
Dans l'évaluation sensorielle réalisée, nous avons demandé aux personnes sondées quelle était leur **définition du flan**:

- 13 sondés ont répondu que d'après eux, un flan doit être gélatineux;
- 9 sondés pensent qu'un flan qu'il doit être flasque;
- 7 sondés attendent d'un flan qu'il soit moelleux ou fondant;
- 4 sondés pensent qu'un flan doit être doux.

Parmi les 33 personnes sondées, seulement une n'aime habituellement pas le flan ; et une n'en avait précédemment jamais goûté.

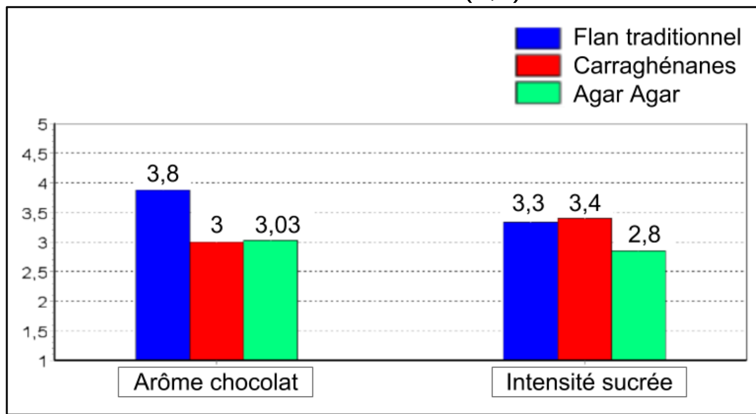
Ensuite, nous avons questionné les sondés à propos de **l'aspect des flans**. D'après la majorité d'entre eux, **le produit à base d'agar agar est celui qui y ressemble le plus**; **le flan traditionnel est celui qui y ressemble le moins.**





Par ailleurs, nous avons demandé aux sondés d'évaluer **l'intensité de l'arôme chocolat** pour les trois flans, sur une échelle allant de 1 à 5.
En moyenne, **le flan traditionnel** dispose de **la plus grande intensité chocolatée**, avec une moyenne de 3,8. **Les deux flans moléculaires** possèdent **presque la même intensité chocolatée** : soit 3,03 pour le flan à base d'agar agar et 3 pour le flan à base de kappa carraghénanes. Or, comme les trois flans ont la même teneur en chocolat, la présence de gélifiants perturbe peut-être la perception de l'arôme.

De plus, nous avons demandé aux sondés d'évaluer **l'intensité sucrée des trois flans**, sur la même échelle que pour l'intensité chocolatée, c'est-à-dire allant de 1 à 5.
La moyenne la plus élevée du flan **le plus sucré** correspond au **flan à base de carraghénanes** (3,4) ; ensuite, on trouve le flan traditionnel (3,3). **Le flan à base d'agar agar** a donc été défini comme étant **le moins sucré** (2,8).



Puis, nous avons interrogé les sondés sur leur ordre de préférence concernant **la texture des flans**: arrivent **en première place à égalité le flan traditionnel et le flan à base d'agar agar.**

Pour finir, nous leur avons demandé quel flan ils préféraient : la majorité a répondu qu'il s'agissait du flan traditionnel. Nous étudierons ces graphiques dans la troisième partie de notre étude.

Les flans à base de kappa carraghénane et d'agar-agar de notre expérience ont été réalisés grâce à certains procédés issus de la cuisine moléculaire que nous expliquerons dans la partie suivante. Nous définirons également d'autres techniques moléculaires importantes.

2. Procédés de la cuisine moléculaire

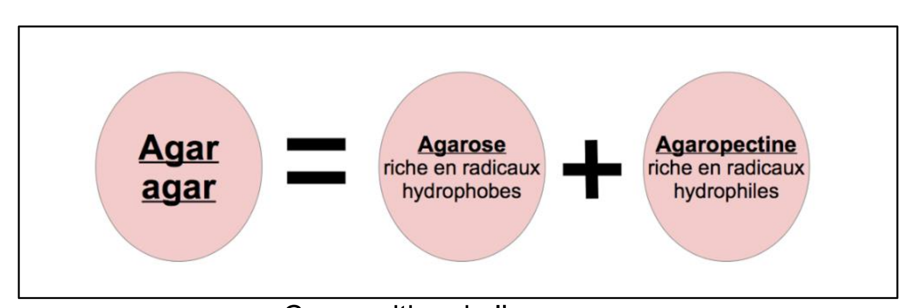
2.1. Gélification

La gélification est une réaction chimique qui transforme un aliment liquide en aliment solide. En effet, cette transformation est réalisée à partir de molécules qui enferment le liquide dans une structure solide afin de le rendre plus gélatineux. Contrairement à l'état liquide, l'état gélifié est dans un système relativement ordonné.

Il existe différents types de gels, comme par exemple le gel cassant et le gel élastique employés précédemment avec les flans au chocolat. Pour le gel cassant, nous avons utilisé l'agar agar tandis que pour le gel élastique, nous avons utilisé le kappa carraghénane. Ces deux gélifiants à base d'algues rouges et constitués de polysaccharides (molécules constituées de sucres) possèdent des propriétés différentes:

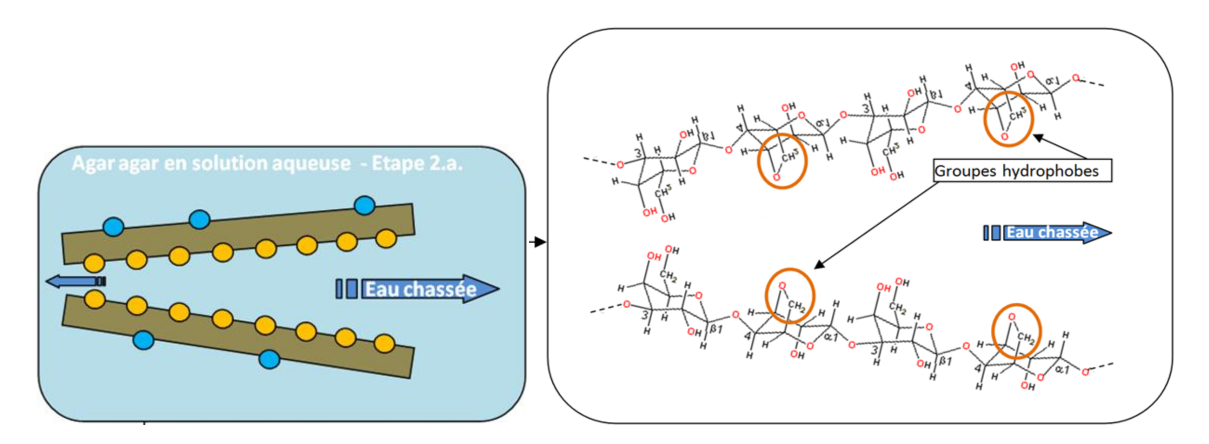
- l'agar agar gélifie à 35°C, se liquéfie s'il est réchauffé à plus de 80°C et produit des gels cassants et opaques;
- le kappa carraghénane gélifie à 35°C, se liquéfie lorsqu'il est réchauffé à plus de 80°C et produit des gels élastiques et transparents.

→ L'**agar agar** est composé d'agarose et d'agaropectine.
L'agarose est un polymère, soit une molécule constituée d'une chaîne de molécules semblables appelées monomères; appartenant à la famille des agars et possédant un haut pouvoir gélifiant.
L'agaropectine est une molécule de la famille des agars qui possède une composition semblable à celle de l'agarose, mais qui ne dispose pas de propriétés gélifiantes.



Composition de l'agar agar

Les propriétés des radicaux présents dans les polymères diffèrent : tandis que certains radicaux sont hydrophiles et présentent une certaine attirance avec l'eau, certains radicaux sont hydrophobes et repoussent ou sont repoussés par l'eau.

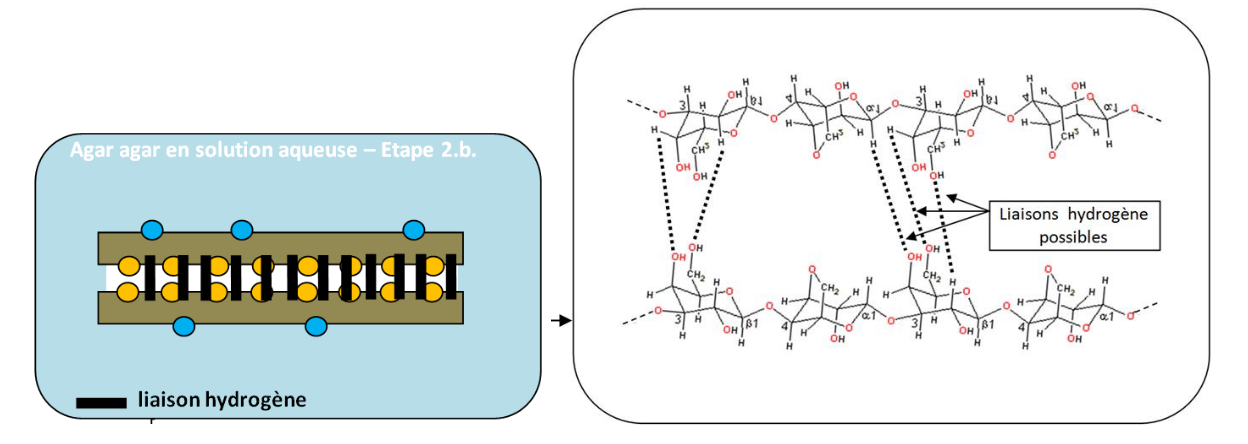


<u>Rapprochement des radicaux hydrophobes (◯) de l'agarose</u>

<u>Agar-agar en solution aqueuse</u>. In Olympiades Chimie [en ligne]. Document consulté le 20/01/16. Disponible sur : https://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0ahUKEwiD_aLrj7nKAhUC1hQKHR09DzcQFggsMAQ&url=http%3A%2F%2Fparlons-chimie.olympiades-chimie.fr%2FIMG%2Fdocx%2F10_-_structure_agar_et_gelification.docx%3F127%2F5bc85401911c1b6a70d8785c4921011ccf8e8499&usg=AFQjCNFg63P6FVhckPrlC6SmDyU68DuryQ&sig2=r2ZNVwFQA8j6dWh_FMEd0Q&cad=rja

Les radicaux hydrophobes de l'agarose présentent une plus grande attraction pour leurs semblables que pour les molécules d'eau.

Nous pouvons voir d'après le schéma ci-dessus que les groupes hydrophobes s'attirent. Le rapprochement des deux polymères permet de chasser l'eau présente entre ces deux derniers.



<u>Établissement des liaisons hydrogènes entre les groupements hydrophiles</u>

<u>Agar-agar en solution aqueuse</u>. In Olympiades Chimie [en ligne]. Document consulté le 20/01/16. Disponible sur : https://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0ahUKEwiD_aLrj7nKAhUC1hQKHR09DzcQFggsMAQ&url=http%3A%2F%2Fparlons-chimie.olympiades-chimie.fr%2FIMG%2Fdocx%2F10_-_structure_agar_et_gelification.docx%3F127%2F5bc85401911c1b6a70d8785c4921011ccf8e8499&usg=AFQjCNFg63P6FVhckPrlC6SmDyU68DuryQ&sig2=r2ZNVwFQA8j6dWh_FMEd0Q&cad=rja

Le rapprochement des polymères permet la formation de liaisons hydrogènes, qui sont établies entre les groupements hydrophiles H et OH des polymères respectifs. Les liaisons hydrogènes sont des liaisons formées entre deux atomes attirés l'un vers l'autre ; l'un étant riche en protons (particule élémentaire positive telle que l'hydrogène), et l'autre étant riche en électrons (particule élémentaire négative telle que l'azote et l'oxygène). Cette liaison hydrogène implique le fait qu'au moins un des deux atomes soit un atome d'hydrogène. Par exemple, les molécules d'eau sont associées entre elles par des liaisons hydrogènes.

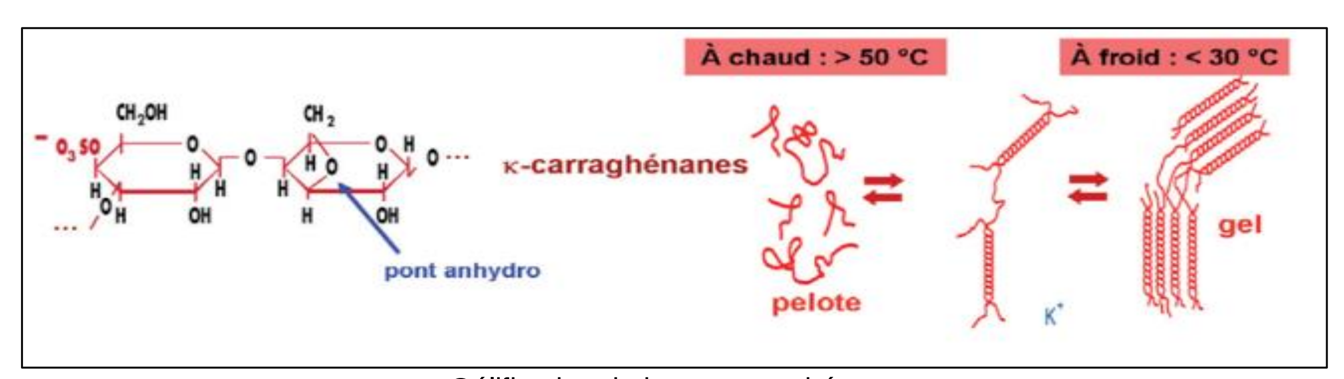
Les liaisons hydrogènes se forment facilement à température ambiante, cela explique la gélification de l'agar-agar à 35°C. Cependant, les liaisons hydrogènes sont détruites sous l'effet de la chaleur. D'ailleurs, les gels réalisés grâce à l'agar-agar peuvent redevenir liquides s'ils sont chauffés à plus de 80°C car les liaisons hydrogènes se seront brisées.

La gélification a été réalisée lors de la formation du flan moléculaire à base d'agar agar, pour lequel les radicaux hydrophobes sont présents dans l'agarose et les radicaux hydrophiles sont contenus dans l'agaropectine. Le flan prend donc un aspect compact, cassant et opaque, comme on peut le voir sur la photo ci-dessous:



Flan à base d'agar agar

→ Les **carraghénanes** sont des polysaccharides, soit constituées de groupements de sulfates. Plus les carraghénanes contiennent de groupements de sulfate, plus elles seront solubles. Il existe trois types de carraghénanes: le carraghénane kappa (1 sulfate), iota (2 sulfate) et lambda (3 sulfate).
Les molécules de carraghénanes sont très longues et chargées négativement. Lors de la gélification, elles cherchent à être le plus étendues possibles afin d'occuper le plus grand espace possible, empêchant alors le déplacement de l'eau. À haute température, les molécules de carraghénanes sont individualisées et forment des pelotes. Au cours du refroidissement, ces molécules se rapprochent, créant ainsi des liaisons entre elles. À basse température, elles forment des doubles hélices. Cette structure organisée et définie permet donc la formation du gel.



Gélification du kappa caraghénane

DESPRAIRIES, Marc. Des additifs pour texturer les aliments. In Mediachimie (en ligne). Document consulté le 16/12/2015. Disponible sur http://www.mediachimie.org/sites/default/files/chimie_alimentation_83.pdf

Dans l'expérience réalisée précédemment, nous avons utilisé le kappa carraghénane. Pour ce gélifiant, la présence d'ions potassium K^+ favorise la formation d'un gel. En effet, ces ions étant chargés positivement, ils permettent d'annuler les charges négatives des ions sulfate. De plus, les ions potassium peuvent s'insérer facilement dans la double hélice. Moins cette double hélice possède de charges, et plus elle va pouvoir s'associer fortement, ce qui permettra la formation d'un gel plus dur et d'une structure plus compacte.

Ce procédé a été réalisé lors de la formation du flan moléculaire à base de kappa carraghénane. Le produit obtenu est un gel élastique. On peut voir sur l'image ci-dessous que le flan à base d'agar agar (à gauche) est beaucoup plus compact que le flan à base de kappa carraghénane (à droite).



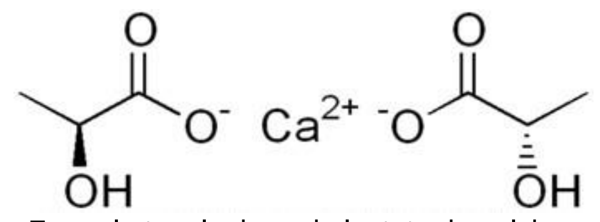
Deux flans moléculaires différents

2.2. La sphérification

La sphérification est une forme de gélification qui a pour action de transformer un liquide sous forme de sphère. Il en existe deux types: la sphérification normale et la sphérification inverse.
Dans le cas de la **sphérification normale**, deux additifs sont utilisés, l'alginate de sodium, issu d'algues brunes et un sel de calcium ; dans cet exemple le lactate de calcium est utilisé.

Formule topologique de l'alginate de sodium

DIMPONDY. Structure de l'alginate de sodium. In PhysiqueChimie Collège [en ligne]. Document consulté le 13/01/2016. Disponible sur : http://physiquechimiecollege.eklablog.com/les-ingredients-de-la-chimie-moleculaire-a106641386



Formule topologique du lactate de calcium

DEVANG Suresh Sanghavi. Calcium Lactate. In Powder pak chem [en ligne]. Document consulté le 13/01/16. Disponible sur : http://www.powderpackchem.com/calcium-lactate-2162369.html



Sphères au chocolat

Ce procédé consiste à mélanger un liquide choisi à l'alginate de sodium et ensuite d'immerger des sphères de cette préparation dans du lactate de calcium dissous dans de l'eau. C'est au contact du lactate de calcium que la sphère se solidifie et s'épaissit vers l'intérieur. En effet, le calcium entre dans la préparation et forme un gel avec l'alginate de sodium.

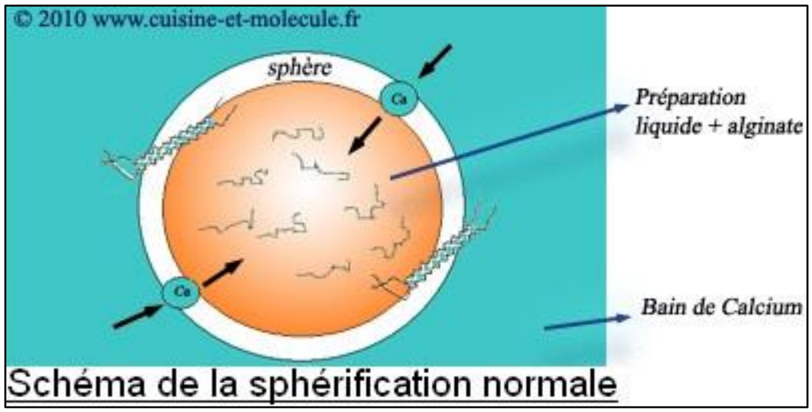


Schéma de la sphérification normale

PERIGNON Carole. In Cuisine & Molécule. Document consulté le 10/12/15. Disponible sur : http://www.cuisine-et-molecule.fr/techniques/spherification

Ainsi, les sphères doivent être consommées rapidement car le calcium continue à gélifier l'intérieur de la sphère et cela réduit l'aspect liquide du cœur de la sphère.

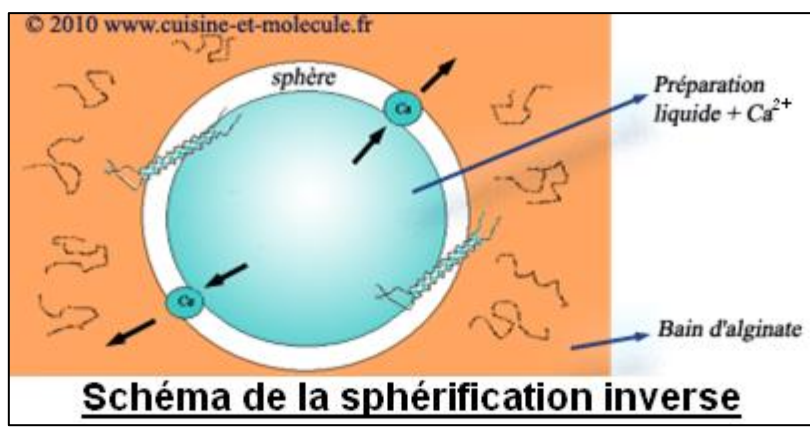
L'alginate de sodium est composé d'une chaîne de groupement carboxyles COO^- et d'ions sodium Na^+, rendant la molécule électriquement neutre. Lorsque l'alginate de sodium est mis en contact avec le lactate de calcium, les ions calcium Ca^{2+} remplacent les ions sodium de la molécule d'alginate. Les ions Ca^{2+} ont une double charge positive car le calcium contient 20 électrons répartis sur les couches électroniques ainsi : Ca : $(K)^2$ $(L)^8$ $(M)^8$ $(N)^2$.

D'après la loi de l'octet, le calcium perd 2 électrons pour devenir stable et devient l'ion Ca^{2+} donc il réagit avec deux groupements COO^-, liant les deux chaînes d'alginate. Cette réaction permet la formation du réseau gélifié et donc le durcissement de la sphère.

COO^- ; Na^+ — Ajout de lactate de calcium — COO^- — Ca^{2+}

Schéma de la réaction entre l'alginate de sodium et le lactate de calcium

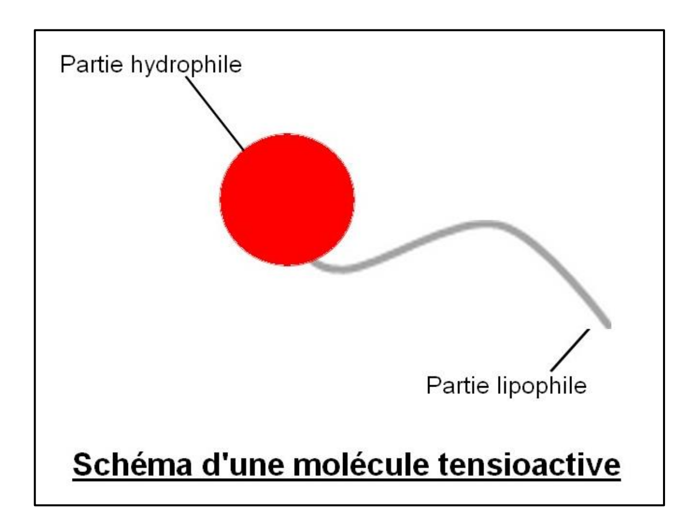
Dans le cas de la **sphérification inverse**, les composants sont simplement intervertis. Le lactate de calcium est mélangé avec le liquide et sera ensuite plongé dans une solution où est dissous l'alginate de sodium. Cette méthode permet la gélification vers l'extérieur car le calcium sort de la préparation et forme un gel avec l'alginate de sodium contenu dans le bain. Contrairement à la sphérification basique, cette méthode permet de garder un cœur coulant à terme.



PERIGNON Carole. In Cuisine & Molécule. Document consulté le 10/12/15. Disponible sur : http://www.cuisine-et-molecule.fr/techniques/spherification

2.3. Émulsification

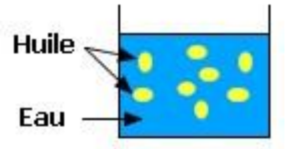
L'émulsification est un procédé qui est très souvent utilisé dans la cuisine moléculaire car il permet d'obtenir de nouvelles textures grâce à l'utilisation d'émulsifiants.
Un émulsifiant est un agent tensioactif qui va permettre de faciliter l'émulsion en modifiant la tension superficielle entre deux phases. Il possède une partie hydrophile qui se lie à la phase aqueuse et une partie lipophile qui se lie aux matières grasses.



L'émulsifiant le plus utilisé est la lécithine de soja également appelée E322. Une partie de la molécule de lécithine est constituée de phosphore et d'azote ce qui va lui permettre de s'attacher à une molécule d'eau et ainsi créer une liaison entre l'eau et des matières grasses.
On crée ainsi une émulsion en obtenant le mélange de deux éléments non-miscibles, c'est-à-dire deux espèces qui normalement ne se mélangent pas, deux espèces hétérogènes. Les émulsions sont souvent constituées d'une phase aqueuse et d'une phase huileuse.

Il existe trois types d'émulsions:

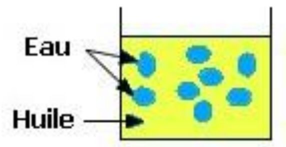
- L'émulsion huile/eau : l'huile va être emprisonnée dans le milieu aqueux.



PERIGNON Carole, In *Cuisine & Molécule* [en ligne], consulté le 24/11/2015, disponible sur : http://www.cuisine-et-molecule.fr/techniques/spherification

Dans ce cas-là, l'émulsion est dite directe. Par exemple, la mayonnaise où l'émulsion eau/huile va être stabilisée grâce aux émulsifiants de l'œuf lorsque l'on va les mélanger.

- L'émulsion eau /huile : la partie aqueuse va être emprisonnée dans le milieu de l'huile.



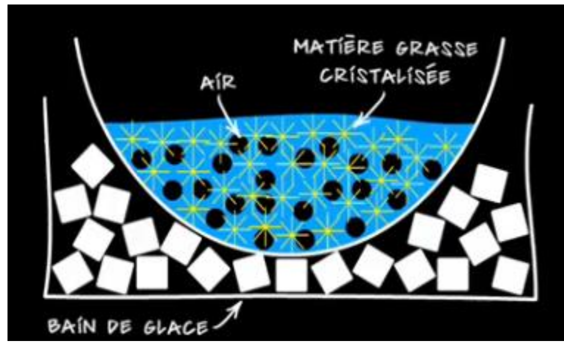
PERIGNON Carole, In *Cuisine & Molécule* [en ligne], consulté le 24/11/2015, disponible sur: http://www.cuisine-et-molecule.fr/techniques/spherification

Nous serons alors en présence d'une émulsion inverse. C'est le cas pour le beurre par exemple, en effet, on retrouve 20% de gouttelettes d'eau emprisonnées dans 80% de gras.

- L'émulsion air/liquide, également appelée mousse : les bulles d'air vont être prises dans le liquide. Il suffit de fouetter vigoureusement le mélange pour introduire des bulles d'air dans celui-ci. Néanmoins, cette phase sera instable et l'air s'échappera très rapidement. Pour éviter cette instabilité, il suffit d'incorporer un émulsifiant au liquide.

Cependant, il existe plusieurs facteurs qui provoquent la déstabilisation d'une émulsion, comme l'augmentation de la température et la centrifugation du produit.

L'une des recettes principales de la cuisine moléculaire est le « chocolat chantilly » crée par Hervé This et réalisé à base de chocolat et d'eau. Néanmoins, cette recette ne contient pas de crème comme aurait pu le faire penser le terme « chantilly ». Pour obtenir ce « chocolat chantilly » il faut réaliser une émulsion entre le beurre de cacao et l'eau. Il suffira ensuite d'insérer des bulles d'air pour obtenir une chantilly. Nous avons réalisé cette recette en faisant d'abord fondre le chocolat dans l'eau. L'émulsion entre la matière grasse du chocolat et l'eau est permise par la lécithine contenue dans le chocolat, qui joue le rôle d'émulsifiant dans le mélange.



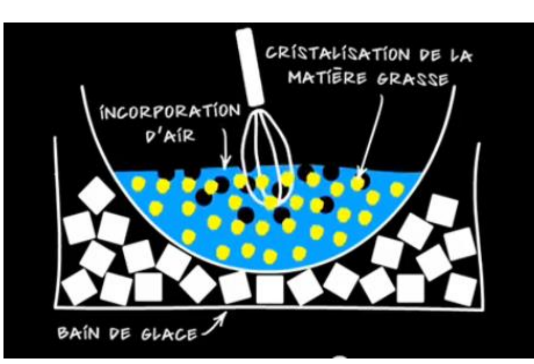


Schéma du chocolat chantilly réalisé avec des glaçons

CAZOR Anne. Chocolat chantilly, In Youtube [en ligne], consulté le 2/12/2015, disponible sur https://www.youtube.com/watch?v=LZxJCVT6i6w

Puis, l'incorporation d'air est réalisée en fouettant la préparation dans un bain de glaçons permettant la cristallisation de la matière grasse. En effet, cette cristallisation à basse température emprisonne l'air incorporé pour que le chocolat chantilly reste sous forme de mousse.

Réalisation du chocolat chantilly :


Incorporation d'air dans le mélange


Chantilly chocolat après l'incorporation d'air


Chocolat chantilly

2.4. Effervescence

Le phénomène d'effervescence est la formation de bulles de gaz, d'échappement de CO_2 dans un liquide. Elle se produit souvent au contact d'un acide et d'une base.
De nombreuses boissons gazéifiées utilisent ce procédé, il est d'ailleurs utilisé dans la cuisine moléculaire avec le sucre pétillant.
Celui-ci est un dérivé du sucre, il est composé de saccharose, de lactose, de glucose et enfin de dioxyde de carbone. Le sucre pétillant est produit en chauffant ce mélange de sucre puis en le refroidissant en présence de dioxyde de carbone sous pression. Le CO_2 est donc enfermé dans les morceaux de sucres. En effet, lorsque le dioxyde de carbone entre en contact avec l'eau du sucre, il se transforme en ion bicarbonate, ce qui donne une substance basique.



$CO_2 + H_2O \rightarrow CO_3^{2-} + 2H^+$

On obtient alors le sucre pétillant prêt à être utilisé. Ensuite, la salive, jouant le rôle du liquide, provoque une réaction "acido-basique" et libère le dioxyde de carbone, créant une sensation de pétillement dans la bouche.

$C0_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow CO_2 + H_2O$

Donc, le sucre pétillant est fondu et éclaté à la mise en bouche, en libérant le dioxyde de carbone il produit un effet pétillant. Par ailleurs, le sucre pétillant ne peut libérer le gaz au contact de matière grasse, mais seulement en présence de solutions aqueuses.

Il existe de nombreuses recettes moléculaires qui utilisent le sucre pétillant, notamment le chocolat pétillant. Le sucre pétillant est inséré dans le chocolat fondu. Or comme le chocolat contient des matières grasses, le dioxyde de carbone n'est pas libéré et il sera emprisonné, une fois le chocolat durci. Ce n'est qu'ensuite, lors de la dégustation, que la salive et le fait de croquer dans le chocolat pétillant, provoqueront la libération du gaz, apportant ainsi la sensation voulue.



Chocolats pétillants

Nous avons donc vu que la cuisine moléculaire était caractérisée par de nombreux procédés chimiques mais ces procédés peuvent apporter plusieurs bénéfices aux consommateurs.

3. Les effets bénéfiques de la cuisine moléculaire pour l'organisme

3.1. Intérêt nutritionnel

3.1.1. Les bases de l'apport énergétique

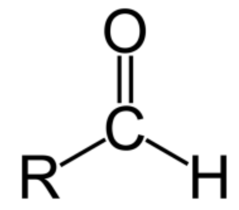
Les aliments sont séparés en deux sous-parties, les aliments simples qui sont formés d'un seul type de biomolécules (exemple : huile constituée à 100% de lipides) alors que les aliments composés sont constitués de plusieurs aliments (exemple : chocolat est composé de cacao, de matières grasses…).

La digestion des aliments libère des nutriments, qui sont de petites molécules, directement assimilables par les cellules :

- Les **macronutriments** sont les nutriments énergétiques provenant de la dégradation des biomolécules (protéines, lipides, glucides).
- Les **micronutriments** n'ont pas de rôle énergétique, ils sont acaloriques mais sont indispensables en petite quantité au fonctionnement de l'organisme : vitamines, minéraux...

Les **biomolécules** sont réparties en différents types : les protéines, les glucides et les lipides. Ces biomolécules sont contenues dans les différents aliments que nous ingérons.

- Les **glucides** constituent la principale source d'énergie du corps mais ils ont aussi un rôle structural. Ils sont composés de molécules carbonées contenant un groupe carbonyle (aldéhyde ou cétone) et au moins deux groupes hydroxyles (-OH)



Représentation d'un groupe aldéhyde

DARLING David, General structure of an aldehyde, In Encyclopedia of Science [en ligne]. Document consulté le 13/01/16. Disponible sur : http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/aldehyde.html

Représentation d'un groupe cétone

Structure type des cétones, In Les Litsées Citronnées [en ligne]. Document consulté le 13/01/16. Disponible sur : http://leslitseescitronnees.com/2011/04/13/les-familles-biochimiques-les-cetones-et-aldehydes/

Les glucides sont répartis en différents types : les sucres simples et les sucres complexes. Les sucres simples comprennent les mono- et les disaccharides, les sucres complexes correspondent aux polysaccharides.
Le glucose, qui est un monosaccharide, est la molécule utilisée par les cellules de l'organisme :

Représentation de Haworth du glucose

Glucose, In LookForDiagnosis.com [en ligne]. Document consulté le 13/01/16. Disponible sur : https://lookfordiagnosis.com/mesh_info.php?term=glucose&lang=4

Le saccharose ou sucre de table est un disaccharide, composé d'une molécule de glucose et d'une molécule de fructose :

Représentation de Haworth du saccharose

Saccharose, In La Catoire Fantasque [en ligne]. Document consulté le 13/01/16. Disponible sur : http://www.catoire-fantasque.be/dossiers/chimie/saccharose.html

D'ailleurs, le saccharose a été utilisé dans notre expérience du flan au chocolat.

L'amidon, lui, est un polysaccharide, constitué de nombreuses molécules de glucose (sous forme d'amylose et d'amylopectine) :

Amylose

Amylopectine

Représentation de Haworth de l'amylose et de l'amylopectine

Amylose et amylopectine. In Université angers [en ligne]. Document consulté le 14/01/16. Disponible sur : http://biochimej.univ-angers.fr/Page2/COURS/3CoursdeBiochSTRUCT/2GLUCIDES/2FIGURES/99DiversOSES/8SUITEdivers/1OsesSUITE.htm

Les sucres simples sont plus rapidement assimilés par l'organisme alors que les sucres complexes tels que l'amidon doivent subir une digestion plus longue.

Certains polysaccharides forment des fibres qui ne sont pas digérées par l'organisme. Elles favorisent le transit intestinal et sont acaloriques.
D'ailleurs, les additifs utilisés lors de l'expérience, le kappa carraghénane et l'agar-agar, sont tous deux des polysaccharides fibreux :

agarose

Représentation de Haworth de l'agarose

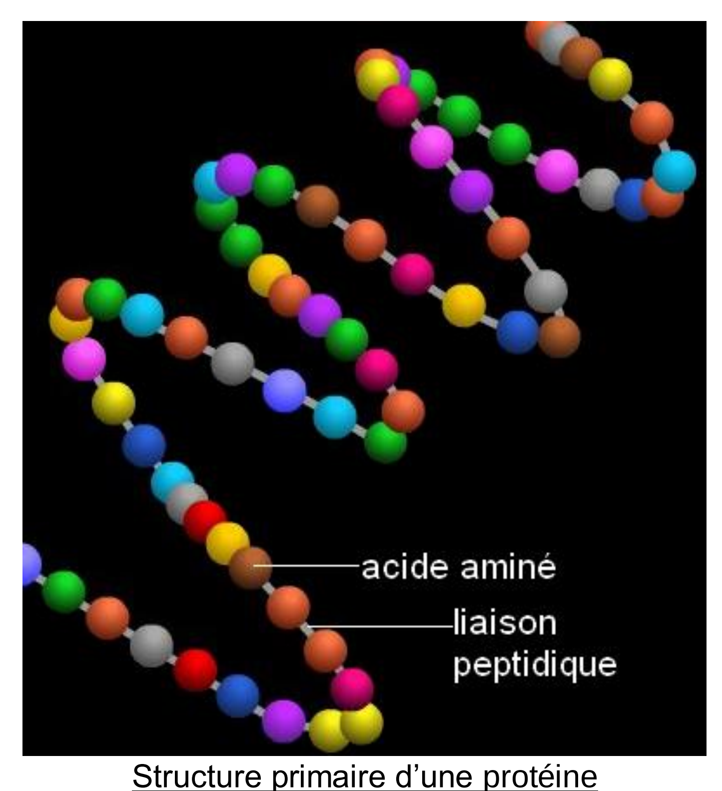
SENGBUSCH Peter. Agarose, In Cell Walls of Algae [en ligne]. Consulté le 13/01/16. Disponible sur : https://s10.lite.msu.edu/res/msu/botonl/b_online/e26/26d.htm

Carragénane κ

Représentation de Haworth du kappa carraghénane

CAZOR Anne. Carragénane. In Cuisineinnovation [en ligne]. Consulté le 17/01/16. Disponible sur : http://www.cuisine-innovation.com/fr/gelifiants/56-kappagel.html

- Les **protéines** sont des macromolécules composées d'une succession de plusieurs acides aminés variables. Il existe 22 principaux acides aminés, qui permettent la formation d'un grand nombre de protéines différentes.



Structure primaire d'une protéine

Protéine, structure primaire. In Larousse [en ligne]. Document consulté le 13/01/16. Disponible sur : http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/acides_amin%C3%A9s/181810

Certains acides aminés sont uniquement apportés par les aliments et ne peuvent être produits par le corps. Les protéines, aussi appelées protides, ont un rôle important dans le renouvellement de notre peau, de nos tissus musculaires (rôle structural).
Les aliments ayant une teneur importante en protéine sont les viandes et les poissons (environ 20%), les œufs (10%), et les produits laitiers.

- Les **lipides** sont des corps gras insolubles dans l'eau. Ils sont plus énergétiques que les glucides.
Les lipides sont importants pour la structure des membranes cellulaires et également pour le transport des vitamines dans l'organisme. Les lipides sont contenus dans beaucoup d'aliments, comme les différentes huiles, le beurre mais aussi les produits laitiers et carnés.
La dégradation des aliments et l'utilisation des nutriments par l'organisme produisent de l'énergie qui est exprimée en kilocalories ou kilojoules (1kcal = 4,18 kJ). Une calorie représente la quantité de chaleur nécessaire pour augmenter de 1°C la température d'1 gramme d'eau.

Les biomolécules apportent des quantités d'énergies différentes : 1 g de glucides ou de protides apporte 4 kcal et 1 g lipides apporte 9 kcal.

Les deux tableaux suivants récapitulent les besoins nutritionnels journaliers d'un adulte en glucides, protides et lipides mais aussi en micronutriments.

TABLEAU 1:
RNJ POUR LES ADULTES EN FONCTION D'UN APPORT ÉNERGÉTIQUE QUOTIDIEN DE 2 000 KCAL (CALORIES)

	RNJ pour les adultes
Calories	2000 kcal (Calories)
Lipides (totaux)	Maximum 70g
Acides gras saturés	Maximum 20g
Glucides	270g
Sucres (totaux)	Maximum 90g
Protéines	50g
Fibres	Minimum 25g
Sodium (sel)	Maximum 2.4g (6g)

TABLEAU 2:
VALEURS DE RÉFÉRENCE DE L'UE POUR LES ANC APPLICABLES AUX VITAMINES ET MINÉRAUX

	Unité	ANC
Vitamine A	µg	800
Vitamine D	µg	5
Vitamine E	mg	10
Vitamine C	mg	60
Thiamine	mg	1,4
Riboflavine	mg	1,6
Niacine	mg	18
Vitamine B6	mg	2
Acide folique	µg	200
Vitamine B12	µg	1
Biotine	mg	0,15
Acide pantothénique	mg	6
Calcium	mg	800
Phosphore	mg	800
Fer	mg	14
Magnésium	mg	300
Zinc	mg	15
Iode	µg	150

JANSON Paul-Emile. RNJ pour les adultes et Valeurs de référence de l'UE pour les ANC. In Eufic. Document consulté le 21/01/16. Disponible sur : http://www.eufic.org/article/fr/artid/Reperes_Nutritionnels_Jounaliers_De_quoi_sagit-il/

Nous avons ensuite étudié les intérêts de l'apport énergétique à travers la cuisine moléculaire.

3.1.2. Apport de la cuisine moléculaire dans la nutrition

→ *Réduction de l'apport énergétique :*

La cuisine moléculaire permet de nombreuses substitutions pour réduire l'apport énergétique de certains plats. En effet, l'utilisation de certains additifs apporte de nombreux avantages.
L'agar-agar et le kappa carraghénane sont considérés comme étant acaloriques donc si l'on échange par exemple les œufs par un de ces gélifiants, l'apport énergétique sera diminué.
Ensuite, on peut relever l'exemple d'un épaississant, la gomme tara, qui peut épaissir les préparations sans l'ajout de matières grasses donc qui réduit le nombre de calories.
La méthylcellulose est utilisée dans les panures et les fritures, cet émulsifiant a l'avantage de former une sorte de barrière entre l'aliment et l'huile (lipide) et de limiter l'imprégnation de la matière grasse. Il faut néanmoins limiter l'utilisation de ces additifs alimentaires car certains peuvent, dans de grandes quantités, être toxiques.

Nous avons remarqué plusieurs avantages nutritionnels grâce à notre expérience visant à comparer les flans traditionnels aux flans moléculaires.

- Le flan au chocolat que nous avons expérimenté précédemment est une preuve concrète de l'attrait de la cuisine moléculaire au niveau calorique.

	Énergie	Flan traditionnel		Carraghénanes		Agar-agar	
Ingrédients	kcal/100g	% flan	kcal	% flan	kcal	% flan	kcal
Lait	46	53,90%	24,8	71,31%	32,8	71,31%	32,8
Œufs	145	17,73%	25,7	0%	0	0%	0
Chocolat	526	14,18%	74,6	14,18%	74,6	14,18%	74,6
Sucre	398	14,18%	56,5	14,18%	56,4	14,18%	56,4
Agar-agar	20	0%	0	0,34%	0,1	0%	0
Carraghénanes	0	0%	0	0%	0	0,34%	0
			kcal/100g		kcal/100g		kcal/100g
Total			**181,6**		**163,9**		**163,8**

Tableau des calories apportées par les différents flans

En comparant l'apport calorique total de chaque recette, on remarque que le flan traditionnel au chocolat est plus calorique que les flans moléculaires, à cause de l'utilisation d'œufs qui apporte 25,7 kcal dans la recette traditionnelle alors que les recettes moléculaires utilisent des additifs acaloriques. Nous pouvons donc dire que les flans moléculaires sont environ 10% moins caloriques que les flans traditionnels.
Nous pouvons également comparer l'apport en biomolécules des trois flans fabriqués en g/100g :

Bilan	Traditionnel	Carraghénanes	Agar-agar
Énergie	181,6	163,9	163,8
Glucides	24,6	25,3	25,3
Protéines	4,6	3	3
Lipides	6,9	5,4	5,4

Tableau de l'apport nutritionnel des différents flans

Les flans moléculaires apportent un peu plus de glucides (3%) que le flan traditionnel mais moins de protéines (35%) et de lipides (22%).

→ *Réduction de la teneur en cholestérol :*
Le cholestérol, lui aussi, peut-être diminué grâce à la cuisine moléculaire. En effet, un taux de cholestérol trop important, une consommation trop importante de lipides, peut entraîner l'augmentation du risque de maladies cardio-vasculaires.
Or, dans l'exemple de flan au chocolat, on peut comparer la quantité de cholestérol entre les différentes recettes :

Quantité cholestérol		Flan traditionnel		Carraghénanes		Agar-agar	
	mg/100g	% flan	Quantité cholestérol (mg)	% flan	Quantité cholestérol (mg)	% flan	Quantité cholestérol (mg)
Lait	6,55	53,90%	3,5	71,31%	4,7	71,31%	4,7
Œufs	355	17,73%	62,9	0%	0	0%	0
Chocolat	21,4	14,18%	3,0	14,18%	3,0	14,18%	3,0
Sucre	0	14,18%	0	14,18%	0	14,18%	0
Agar-agar	0	0%	0	0,34%	0	0%	0
Carraghénanes	0	0%	0	0%	0	0,34%	0
			mg/100g		**mg/100g**		**mg/100g**
Total			**69,5**		**7,7**		**7,7**

Tableau de l'apport en cholestérol fourni par les différents flans

La quantité de cholestérol contenue dans le flan traditionnel est environ 10 fois plus importante que la quantité contenue dans les flans moléculaires. Pour un individu ayant des problèmes de cholestérol, il est donc bénéfique de manger des flans moléculaires au lieu de flans traditionnels.

La cuisine moléculaire peut certes avoir de nombreux avantages concernant l'apport nutritionnel mais elle peut également en avoir lorsque des personnes ne peuvent assimiler certains aliments.

3.2. Substitution d'aliments interdits aux consommateurs

3.2.1. Les allergènes

→ *Qu'est-ce qu'une allergie alimentaire ?*

L'allergie alimentaire correspond à une réaction exagérée de l'organisme. Elle se produit lorsque le corps réagit à des substances qu'il ne peut tolérer. Ces substances sont appelées des allergènes et sont normalement inoffensives. Mais le système immunitaire d'une personne allergique les considère à tort comme nocives.

Si une personne est allergique et qu'elle est exposée à l'allergène en question, voilà ce qu'il va se produire :

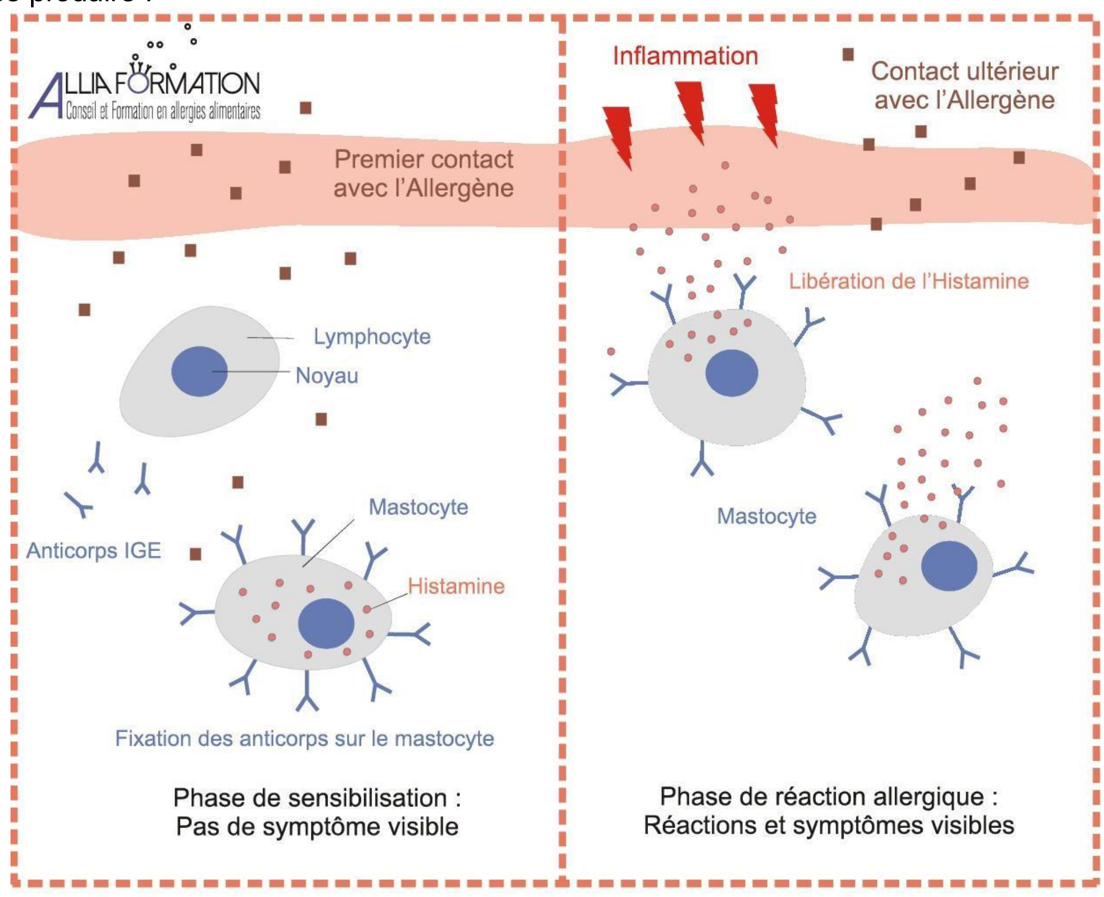


Schéma de la réaction allergique

RUDEWIEZ Sandy. Les allergies alimentaires. In Allia formation [en ligne], consulté le 2/12/2015, disponible sur http://www.allia-formation.fr/

Suite à la première exposition du corps à l'allergène, les lymphocytes fabriquent des anticorps, en particulier des anticorps IgE qui préparent le système immunitaire pour la rencontre suivante avec le même allergène. La première exposition à l'allergène alimentaire ne produit aucun symptôme allergique extérieur mais dans l'organisme, les anticorps IgE se fixent aux mastocytes (cellules que l'on trouve dans le système respiratoire, le tractus gastro-intestinal et la peau). Lors de la seconde exposition et des expositions suivantes à l'allergène, ce dernier se combine aux anticorps IgE fixés aux mastocytes, lesquels vont libérer des produits chimiques tels que l'histamine produisant ainsi les symptômes allergiques.

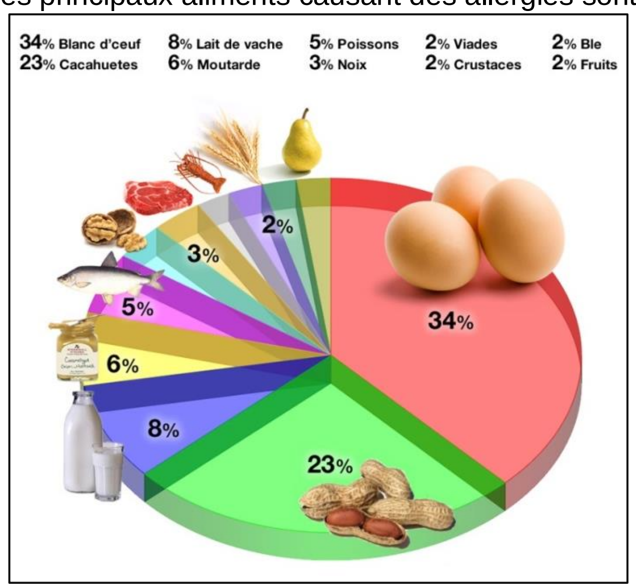
Nous pouvons donc nous demander pourquoi tout le monde n'est pas allergique. En effet, il faut savoir que certaines allergies sont dues à des mutations génétiques et que ces mutations sont aléatoires. Elles ne touchent donc pas toute la population. Les personnes ayant des parents allergiques ont plus de chance de l'être. Par exemple, dans le cas de certaines allergies respiratoires, si les deux parents sont atteints, alors l'enfant a 60% de risque d'être lui aussi malade, 30% si un seul des parents est allergique et 15% si aucun des parents ne l'est. Ces pourcentages nous indiquent que l'allergie pourrait avoir une origine héréditaire car l'individu est génétiquement prédisposé : on parle alors de terrain “atopique”. Cependant, l'allergie n'est pas seulement héréditaire mais peut également avoir une origine environnementale. En effet, la pollution atmosphérique peut être un facteur favorisant l'apparition d'allergies : elles sont donc d'origine multifactorielle.

Si on mange un produit dont on est allergique, alors les symptômes apparaîtront 2 à 48h après l'ingestion de l'aliment.

Ces symptômes peuvent être :

- Cutanés : démangeaisons, éruptions cutanées, rougeurs, gonflement
- Respiratoires : respiration sifflante, gonflement de la gorge, étouffement, difficulté à respirer
- Digestifs : crampes, coliques, nausées, vomissements
- Cardio-vasculaires : pâleur, pouls faible, étourdissement, perte de conscience

Les principaux aliments causant des allergies sont :



ANDERES-RICHEZ Marie. Les allergies et intolérances alimentaires. In diététique-toulouse[en ligne]. Consulté le 05/12/2015. Disponible sur http://www.dietetique-toulouse.fr/dietetique-allergies-alimentaires.html

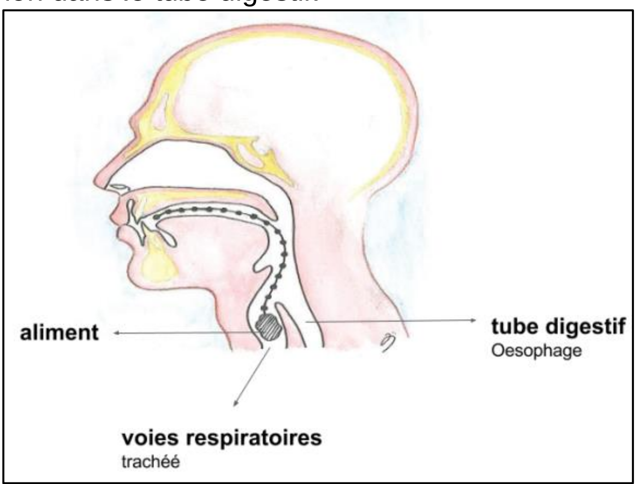
Il est aujourd'hui possible de guérir une allergie en effectuant une désensibilisation. Cela consiste à réhabituer progressivement l'organisme à l'allergène en administrant de petites doses d'allergène au patient. Néanmoins, la majorité des personnes évite de manger l'aliment qui est la cause de l'allergie (éviction), ce qui est une chose assez difficile. En effet, pour les personnes qui sont allergiques aux œufs par exemple, trouver des aliments qui n'en contiennent pas s'avère être une tâche assez complexe. C'est une situation qui touche de nombreuses personnes car, comme le graphique précédent nous l'a indiqué, le principal aliment qui est cause d'allergie est l'œuf.

Mais bien heureusement, ces personnes peuvent trouver une alternative dans la cuisine moléculaire. En effet, pour reprendre une phrase d'Hervé This :
« Si on est allergique à un aliment, il suffit de ne pas l'introduire dans notre recette, et de le remplacer pas autre chose. ».
La cuisine moléculaire, par ses ingrédients (additifs alimentaires), peut être en effet une alternative aux allergies alimentaires.
Par exemple :

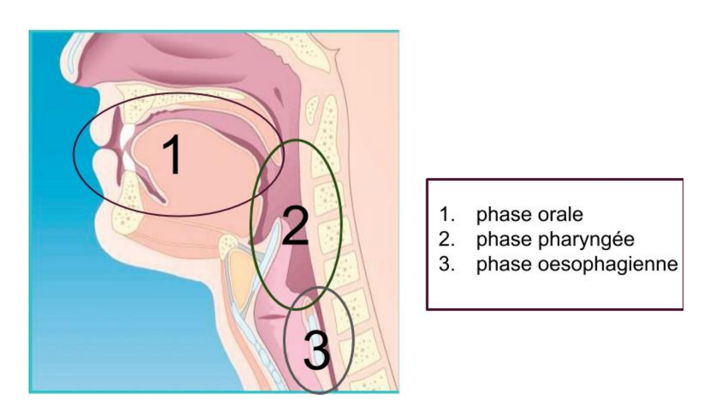
- L'agar-agar est une alternative à la gélatine animale (utilisée dans les bonbons) et aux œufs. De plus, les personnes qui ne tolèrent pas les protéines de porc trouvent une alternative dans la cuisine moléculaire.
- La Méthylcellulose est un émulsifiant végétal et sans gluten qui va permettre de réduire la consommation de lipides comme l'huile et le beurre lorsque nous préparons des frites ou des beignets par exemple. Elle peut donc servir de substitut pour les personnes allergiques au gluten.

3.2.2. Alternatives à l’alimentation de certaines personnes âgées

De nombreuses personnes âgées ont des problèmes au niveau de l'alimentation. Par exemple, certaines ne peuvent déglutir correctement. Les personnes atteintes par ce problème de déglutition ont du mal à transférer des aliments de la bouche vers l’estomac. Cette difficulté à avaler peut avoir des conséquences graves comme la fausse route (ou fausse déglutition) où la personne peut s'étouffer, c’est à dire que l’aliment avalé passera par la voie respiratoire et non dans le tube digestif.

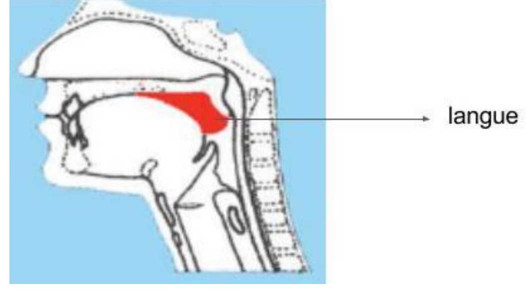


La déglutition est composée de trois phases :

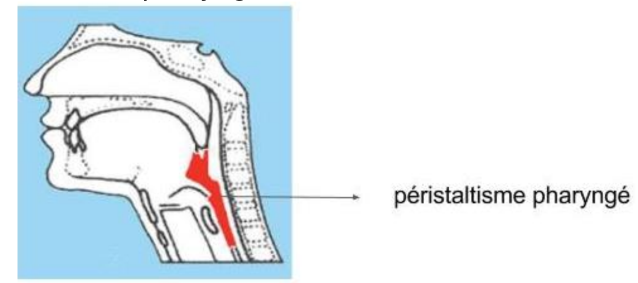


<u>Schéma des phases de la déglutition</u>

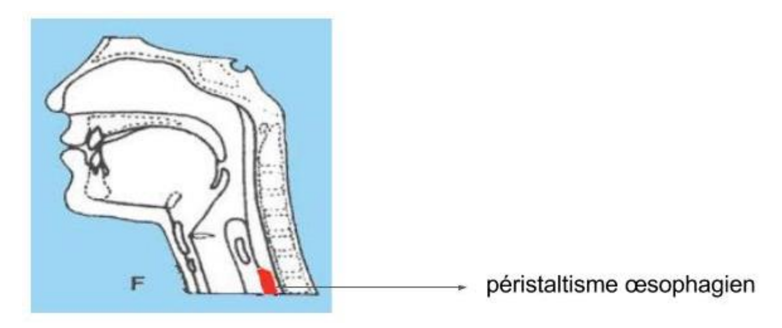
-la **voie orale** : l'aliment va être mâché et couvert de salive grâce aux mouvements de la langue



-**phase pharyngée** : les voies respiratoires se ferment et les aliments sont poussés vers l'œsophage par le péristaltisme pharyngé



-**phase œsophagienne** : le péristaltisme œsophagien fait progresser les aliments vers l'estomac



Michèle De Gieter. Les troubles de la déglutition. In CHU BRUGMANN. Consulté le 10/12/2015. Disponible sur https://www.chu-brugmann.be/fr/edu/dysphagia/brochure.pdf
(Source identique pour les quatre schémas précédents)

Les personnes âgées atteintes par ce problème de déglutition ne devront donc manger que de la purée et des aliments mixés, ce qui devient vite lassant et difficile pour ces aînés. En effet, ils peuvent en perdre l'appétit.
C'est pour cela que certaines maisons de retraite aisées bénéficient de plats issus de la cuisine moléculaire. En effet, des experts de l'alimentation et de la nutrition travaillent actuellement sur l'élaboration de techniques permettant de redonner la possibilité et l'envie aux personnes âgées de manger des aliments presque solides comme des tomates en tranches ou le bœuf bourguignon. On remplace les repas mixés par des plats “trompe l'œil”. On retrouve donc à la fois l'aspect des aliments, une certaine facilité à les mâcher et un goût agréable en bouche.
Pour arriver à ces produits, les experts utilisent de nombreux procédés qui sont caractéristiques de la cuisine moléculaire, comme par exemple la **gélification.**
Prenons pour exemple la carotte qui s'avère très difficile à manger pour les seniors : des morceaux restent coincés dans les dentiers et sont parfois difficiles à avaler. On va alors extraire le jus du légume et le mélanger avec un gélifiant comme de l'agar-agar ou de l'iota carraghénane. On va ensuite le mouler pour avoir l'aspect d'une carotte très colorée, fondante en bouche avec un goût inchangé.
Il y aura d'autres essais réalisés sur une tarte aux poireaux et une tarte au citron meringuée entièrement reconstituées, tout en faisant en sorte que ces produits ne nécessitent pas trop d'efforts de mastication. Pour les seniors, c'est une avancée extraordinaire puisqu'ils peuvent à nouveau manger avec une fourchette et un couteau.
Il faut néanmoins repréciser que ce service est disponible dans peu de maisons de retraites, qui sont souvent plus onéreuses.

3.3. Effet gustatif

3.3.1. Comment fonctionne le goût ?

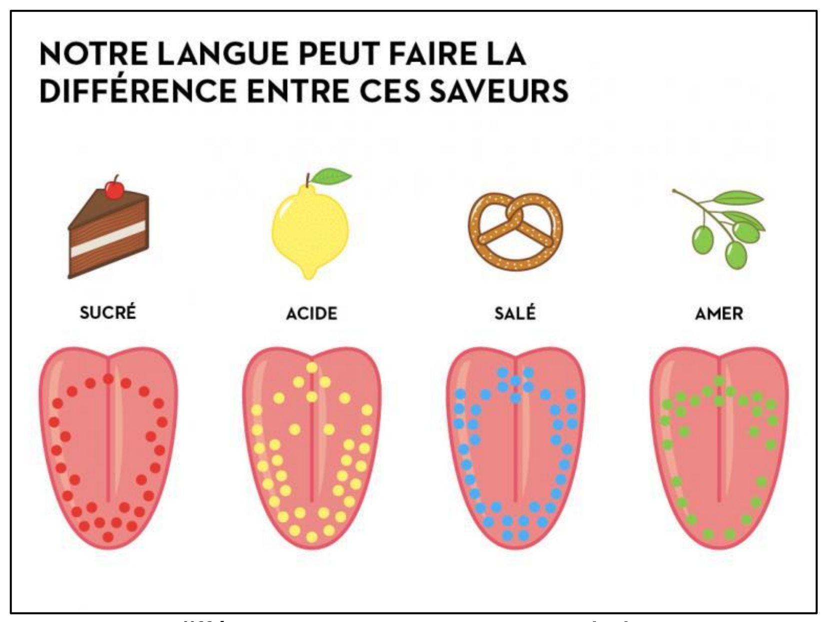
Le goût est un des cinq sens, parmi lesquels la vue, l'ouïe, l'odorat et le toucher, qui permet de percevoir des sensations gustatives, c'est-à-dire les saveurs.

Les quatre saveurs les plus connues sont le sucré, l'acide, le salé et l'amer.
Cependant, il y a plus de 100 ans, une cinquième saveur a été découverte par le japonais Kikunae Ikeda. Il s'agit de l'umami, qui signifie savoureux, et qui désigne les aliments riches en protéines, comme par exemple les viandes et les bouillons de cuisine.

En réalité, il existe une unanimité de saveurs. En effet, chaque molécule gustative suscite une image sensorielle reconnue par le cerveau, ce qui produit différentes saveurs en bouche. Ainsi, nous pouvons définir le goût du calcium, le goût du réglisse et le goût du gras, qui ne correspondent à aucune des cinq saveurs citées précédemment.

La détection des saveurs est effectuée par l'intermédiaire des bourgeons gustatifs: ce sont des amas de cellules situées dans les papilles gustatives.
On compte environ 10 000 bourgeons gustatifs dans la langue, et nous savons qu'un bourgeon est constitué de 50 à 125 cellules sensorielles gustatives reliées entre elles. Ces cellules sensorielles se renouvellent tous les dix jours.

Les saveurs ne sont pas toutes détectées de la même façon selon les différentes parties de la langue. Par exemple, les papilles gustatives détectent le sucré sur toute la langue, mais sur le bout de la langue avec une plus grande intensité.



Les différentes saveurs perçues par la langue

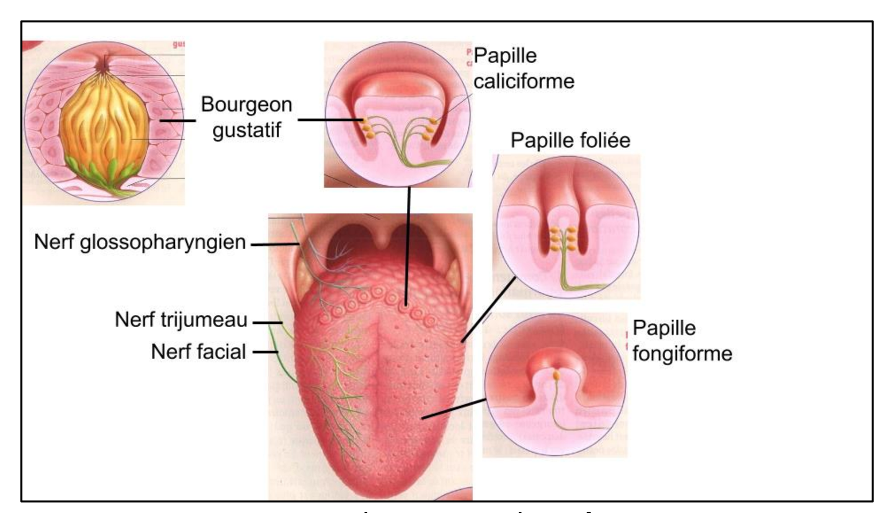
Les sens - Le goût, In Alimentarium (en ligne). Document consulté le 1/12/2015. Disponible sur http://www.ealimentarium.ch/fr/document/les-sens-le-gout

Lorsqu'une molécule du goût se lie à un récepteur gustatif, cela entraîne un certain nombre de réactions dans la cellule sensorielle gustative, ce qui conduit à l'envoi d'un influx nerveux au cerveau. Il s'agit d'un signal électrique permettant de transmettre des commandes motrices ou des messages sensitifs au centre nerveux.

La langue est recouverte par plus de 5000 papilles, on en distingue trois types:

- les papilles fongiformes, qui recouvrent les deux tiers antérieurs de la langue;
- les papilles foliées, qui recouvrent les extrémités de la partie postérieure de la langue;
- les papilles caliciformes, qui recouvrent le fond de la langue.

Chaque papille contient un ou plusieurs bourgeons gustatifs, qui captent les molécules gustatives dissoutes dans la salive à l'aide de petites projections émises par des cils gustatifs (appartenant aux bourgeons gustatifs).



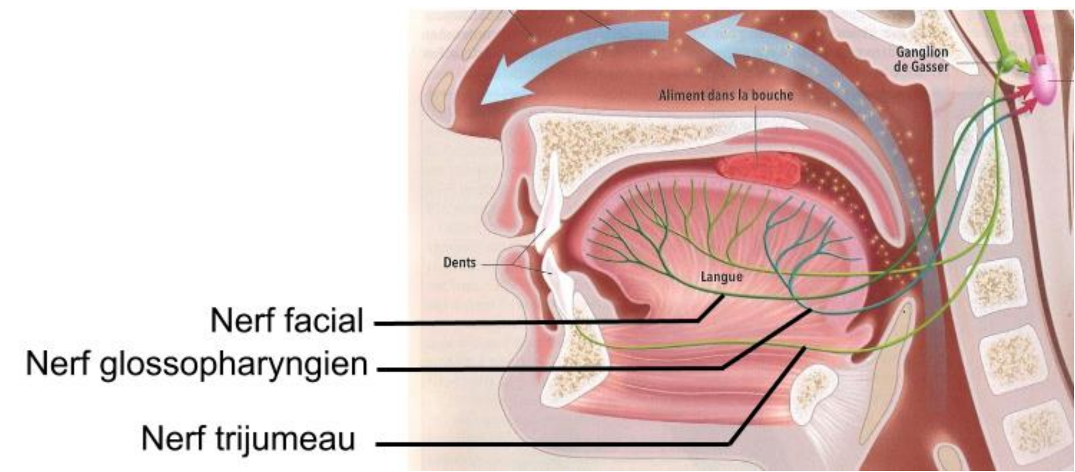
Fonctionnement du goût

ETIEN, Sandrine. De la langue au cerveau. La Recherche, numéro spécial. Juillet-Août 2010, n°443, p48.

La transmission des informations sensorielles au cerveau est effectuée par l'intermédiaire de trois nerfs :

- le nerf facial, qui transmet des signaux provenant des bourgeons gustatifs localisés sur les deux tiers antérieurs de la langue ;
- le nerf glossopharyngien, qui transmet des signaux provenant des bourgeons gustatifs localisés sur le tiers postérieur de la langue ;
- le nerf trijumeau, qui transmet des informations somesthésiques (c'est-à-dire des informations concernant la température et la texture des aliments en bouche) provenant des deux tiers antérieurs de la langue.

Les informations provenant des trois nerfs seront toutes intégrées dans le cortex cérébral pour ne former au final qu'une image multisensorielle de l'aliment.



Nerfs effectuant la transmission des informations sensorielles au cerveau

ETIEN, Sandrine. De la langue au cerveau. La Recherche, numéro spécial. Juillet-Août 2010, n°443, p49.

3.3.2. Préférences gustatives : entre patrimoine génétique et habitudes alimentaires

Les préférences gustatives résultent de deux facteurs : le patrimoine génétique ainsi que les habitudes alimentaires.

→ Le patrimoine génétique :

Certains chercheurs ont déterminé des liens entre les perceptions gustatives et l'ADN. En effet, le goût dépend essentiellement de l'expression génétiquement programmée de récepteurs situés sur les papilles gustatives de la langue.

En 1931, alors que le chimiste Arthur Fox fait une étude sur une molécule nommée phénylthiocarbamide ou PTC, son collègue lui fait remarquer l'odeur de cette molécule, que le chimiste ne perçoit pas. De plus, tandis que son collègue trouve un goût amer au PTC, le chimiste ne lui trouve aucun goût particulier. Arthur Fox fait alors une étude dans sa famille, qui ne perçoit ni l'odeur, ni le goût de la molécule: sa famille présente alors une même insensibilité à l'amertume. Il en déduit que la détection à cette saveur est déterminée génétiquement.
Une étude sur la sensibilité des populations à l'amertume montre que 50% des européens, 30% des asiatiques et seulement 1,4% des Indiens Papago d'Amazonie y sont insensibles.

En 2003, le gène responsable de la sensibilité au PTC est découvert. Ce gène code un récepteur situé au niveau des cellules gustatives, sur lequel le PTC se fixe.
Il existe différents allèles pour ce gène. Chaque allèle correspond à un récepteur différent, sur lequel le PTC se fixe plus ou moins bien. Cela explique que la détection à l'amertume varie selon les individus; tout dépend de l'allèle qu'ils possèdent.

Plusieurs équipes de recherche pensent que ces variations génétiques ont un impact sur notre alimentation: par exemple, les individus sensibles à l'amertume du PTC présentent un certain dégoût pour les brocolis et choux de Bruxelles. Nous pouvons remarquer que ces aliments contiennent des molécules dont la structure est proche de celle du PTC.

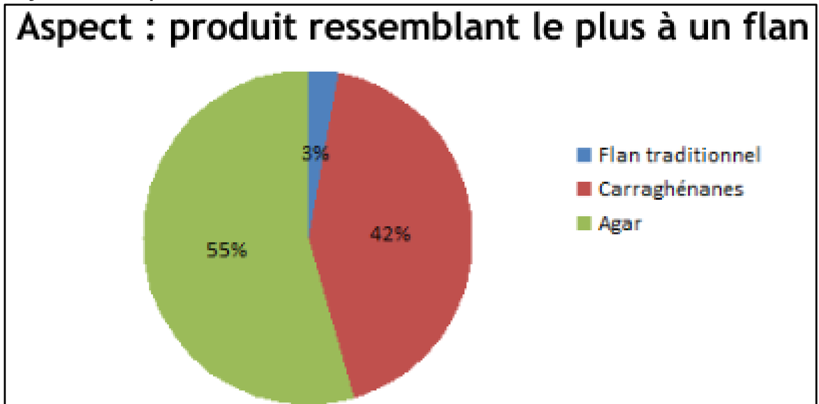
→ Les habitudes alimentaires et culturelles :

L'enfant commence l'apprentissage du goût au stade de fœtus, c'est-à-dire dans le ventre maternel. En effet, il perçoit les odeurs présentes dans le liquide amniotique qui reflètent l'alimentation de sa mère. Les goûts de cet enfant vont donc tout d'abord être influencés par ceux de son entourage, puis par ce qu'il aura l'habitude de manger.
Les goûts d'un individu dépendent donc de ses habitudes alimentaires, de son éducation, mais aussi de sa culture.
En effet, on observe en Europe et aux États-Unis un certain dégoût pour les insectes. Ce dégoût alimentaire fait intervenir certaines zones du cerveau comme le cortex insulaire et l'amygdale, créant ainsi une peur culturelle : l'homme est effrayé par ce qu'il ne connaît pas. Il considère les insectes comme difformes, sales et nuisibles ; alors que dans certaines régions d'Afrique, d'Asie et d'Amérique Latine, les insectes sont une nourriture presque quotidienne et sont aussi utilisés comme médicaments.

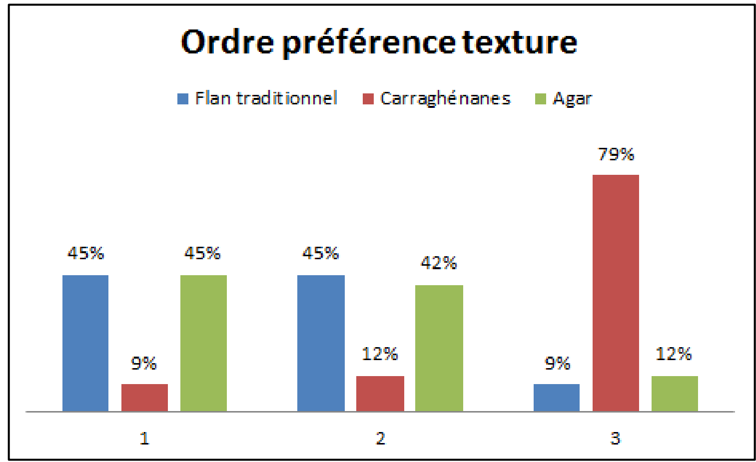
→ Exploitation des résultats de notre évaluation sensorielle :

Comme nous l'avons précédemment vu en première partie, nous avons réalisé une évaluation sensorielle. Nous avons ainsi fait goûter trois flans différents : un flan traditionnel et deux flans moléculaires ; le premier étant à base de carraghénanes et le second étant à base d'agar agar.

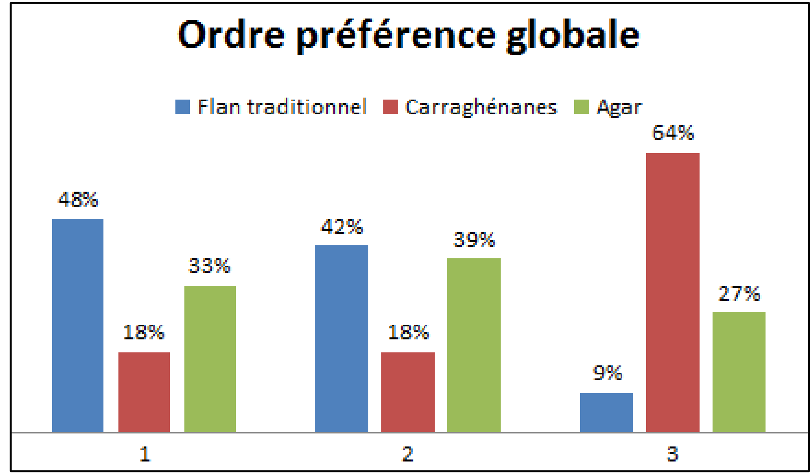
Chaque sondé ayant des préférences différentes, nous avons obtenu les résultats suivants :



Nous avons demandé aux sondés d'évaluer l'aspect des flans. On remarque que la majorité (55%) a trouvé que le produit à base d'agar agar est celui qui ressemblait le plus à un flan. Nous pouvons en déduire que cette majorité de sondés est habituée aux flans industriels.



Ensuite, nous avons demandé aux sondés d'évaluer la texture des flans. On observe à égalité en première place le flan traditionnel ainsi que le flan à base d'agar agar. Ces résultats confirment que les sondés soient habitués aux flans industriels qui ont un aspect et une texture semblable au flan à base d'agar agar.



Pour finir, nous avons demandé aux sondés quel flan ils préféraient. On remarque ainsi que le produit préféré par la majorité est le flan traditionnel. Alors qu'il était à égalité avec le flan à l'agar-agar concernant la texture, nous pouvons penser que les arômes ont valorisé le produit traditionnel. En effet, ce flan est le seul qui contient des œufs, ce qui pourrait lui donner un arôme particulier.

CONCLUSION

Cette étude de la cuisine moléculaire nous a permis de constater l'étendue des innovations fournies par cette discipline : de nouvelles textures, de nouveaux arômes… En effet, elle améliore et facilite la vie de nombreuses personnes, telles que les aînés et les individus allergiques.
La cuisine moléculaire permet à certaines personnes de consommer des aliments qu'ils n'auraient pu ingérer s'ils étaient issus de la cuisine traditionnelle. Effectivement, cette discipline substitue divers ingrédients par des additifs ou permet de concevoir la recette différemment. Pour les personnes devant suivre un régime alimentaire spécifique (par exemple les individus ayant un taux important de cholestérol), la cuisine moléculaire pourrait être une alternative efficace.

Néanmoins, cette science n'est pas dénuée de risques car l'usage abusif de certains additifs peut être nocif pour l'organisme. Nous pouvons citer quelques additifs dangereux, comme la tartrazine (additif E102). En effet celle-ci peut provoquer de l'hyperactivité chez les enfants par exemple, surtout si elle est associée à des benzoates (additifs E210-215), déclencher des crises chez les asthmatiques, ou encore provoquer de l'urticaire et de l'eczéma si cette consommation est associée à de l'aspirine.
D'autre part, en France a récemment eu lieu un scandale concernant la vente de caviar car certains vendeurs ont conçu du faux caviar grâce à une technique de la cuisine moléculaire. En effet, ils ont réalisé des billes à l'aide d'un mélange de couleur noire grâce à la sphérification. La cuisine moléculaire a donc des effets bénéfiques mais elle peut cependant tromper de nombreuses personnes.

Ensuite, quelques produits créés par la cuisine moléculaire ne comportent pas autant d'éléments nutritifs que ceux de la cuisine traditionnelle.
Finalement, comme nous l'a montré l'évaluation sensorielle, la majorité des sondés préfèrent le flan traditionnel. Nous pouvons donc penser que malgré ses progrès actuels, la cuisine moléculaire ne finira pas par remplacer la cuisine traditionnelle. De plus, notre patrimoine culturel français n'est pas très propice au développement de la cuisine moléculaire car est plutôt fermé aux innovations gastronomiques. Cependant, la cuisine moléculaire, dans le futur, pourrait être améliorée en évitant l'emploi de quelques additifs dangereux ou encore en profitant de l'apport nutritionnel de ce procédé et ainsi deviendra peut-être plus utilisée.



Photographie réalisée par RICHEZ Anaëlle, BOIS Lola et ESSEBBAH Imane

LEXIQUE

Acalorique : qualifie un aliment n'apportant aucune calorie, n'ayant pas d'apport énergétique

Additif : substance ajoutée à un produit afin de modifier sa texture, sa saveur, sa conservation…

Agent tensioactif : permet de modifier la tension superficielle entre deux surfaces

Allergène : agent déclenchant une allergie

Amygdale : glande située en arrière du larynx (organe permettant l'usage de la parole) de chaque côté de la langue

Anticorps : protéine utilisée par le système immunitaire qui va permettre de détecter et de neutraliser les agents pathogènes de manière spécifique

Biomolécule : molécule chimique propre aux êtres vivants

Centrifugation : technique qui utilise la force centrifuge (= trajectoire curviligne qui a tendance à pousser un objet vers l'extérieur) pour séparer deux éléments

Cholestérol : lipide, appartenant aux stérols, qui présent en grandes quantités dans l'organisme peut être dangereux

Coagulation (de l'œuf): solidification des protéines de l'œuf sous l'action d'agents physiques (chaleur…)

Cortex insulaire (ou insula) : constitue une des deux parties du cerveau située en position interne, à l'intérieur du cortex cérébral.

Cristallisation : réaction chimique transformant un élément en cristaux

Émulsifiant : facilite ou stabilise une émulsion

Fermentation : décomposition enzymatique de la matière organique en absence de dioxygène

Gel : structure solide, plus ou moins ferme, résultant du regroupement de macromolécules associées en réseau, c'est-à-dire que leurs structures sont entrelacées entre elles.

Lymphocyte : type de globules blancs du sang

Macromolécule : ensemble composé de petites molécules organiques situées dans les cellules

Mastocyte : cellule du système immunitaire que l'on trouve principalement au niveau des tissus conjonctifs ainsi que sur les muqueuses et dans tous les organes

Péristaltisme pharyngé : ensemble des contractions musculaires du pharynx

Phénylthiocarbamide : composé organique amer aussi nommé PTC, fabriqué par de nombreuses plantes comme par exemple le brocoli ou le chou de Bruxelles.

Radicaux : fragment d'une molécule qui reste inchangé au cours des réactions chimiques qu'il subit.

Tension superficielle : force qui existe au niveau de toutes les interfaces entre deux milieux différents. Elle permet par exemple à une goutte d'eau de ne pas s'étaler sur une feuille.

ANNEXE

Évaluation sensorielle de flans au chocolat

Vous allez déguster 3 flans au chocolat numérotés 888, 156 et 332.

Questions préalables

Tout d'abord, comment définiriez-vous un flan ? Qu'en attendez-vous ?

Appréciez-vous habituellement le flan au chocolat ?

Avant de goûter, évaluez l'aspect des flans.

1) Aspect :

Indiquez le numéro du produit qui ressemble le plus à un flan :

Indiquez le numéro du produit qui ressemble le moins à un flan :

Goûtez les flans :

2) Notez l'intensité de l'arôme « chocolat » entre 1 et 5 (entourez le chiffre réponse)

1 : intensité faible 5 : intensité forte

Flan 888	1	2	3	4	5
Flan 156	1	2	3	4	5
Flan 332	1	2	3	4	5

3) Notez l'intensité sucrée » entre 1 et 5 (entourez le chiffre réponse)

1 : intensité faible 5 : intensité forte

Flan 888	1	2	3	4	5
Flan 156	1	2	3	4	5
Flan 332	1	2	3	4	5

4) Texture

Indiquez le numéro du produit dont vous préférez la texture :

Indiquez le numéro du produit dont vous aimez le moins la texture :

5) Avis global :

Indiquez le numéro du produit que vous préférez :

Indiquez le numéro du produit que vous aimez le moins :

BIBLIOGRAPHIE

Livres :

- THIS, Hervé. *Casseroles et éprouvettes*. Belin, 2002. Bibliothèque scientifique. 664 .THI.
- *Sciences & Avenir, hors série*. Avril 2013, n°174, p.24-25
- Cuisine moléculaire au naturel. *Sciences & Avenir, hors série*. Avril 2013, n°174, p.18-23
- THIS, Hervé. *Traité élémentaire de cuisine*. Belin, 2002, p.184
- THIS, Hervé. *Les secrets de la casserole*. Belin, 1993, p.50-51
- CAZOR Anne et LIENARD Christine. *Petit précis de cuisine moléculaire*. Marabout, 2008, p.104/115/122
- THIS, Hervé. *Cours de gastronomie moléculaire n°1*. Belin, 2009, p.50-51.
- FANCHON Ingrid. *Biologie et physiopathologie humaines*. Nathan, 2012, page 62-67. Réflexe ST2S.
- BRADLEY Philip et CALVERT Jane. *Mini Manuel de biologie humaine*. Dunod, 2009, p.16-19.
- ALAIS C. et LINDEN G. *Biochimie alimentaire*. Masson, 1991, p.22-23. Abrégés.
- BLAIS Christina et RICARDO. *La chimie des desserts*. La presse, 2007, p.207.
- THIS Hervé. Révélations gastronomiques. Belin, 2002, p.12-13

Périodiques :

- GIOL, Charles. L'alchimie du futur. *Hors série Le Nouvel Observateur*. Mai-Juin 2014, n°86, p77-79
- ETIEN, Sandrine. De la langue au cerveau. *La Recherche, numéro spécial*. Juillet-Août 2010, n°443, p48-53.
- COISNE, Sophie. Nos gènes dictent le menu. *La Recherche, numéro spécial*. Juillet-Août 2010, n°443, p54-56.
- SCHAAL, Benoist et NOWAK, Mattieu. L'éveil des papilles. *La Recherche, numéro spécial*. Juillet-Août 2010, n°443, p58-61.
- BARUCH, Jacques-Olivier. Les Européens préfèrent les crevettes aux sauterelles. *La Recherche, numéro spécial*. Juillet-Août 2010, n°443, p81-83.
- MORLOT Marie. La cuisine moléculaire s'invite dans l'assiette des aînés. Le Bien Public. Samedi 13 avril 2013, n°1171, p.2

Sites internet :

- DESPRAIRIES, Marc. Mediachimie [en ligne]. *Des additifs pour texturer les aliments*. Document consulté le 16/12/2015. Disponible sur http://www.mediachimie.org/sites/default/files/chimie_alimentation_83.pdf
- PERIGNON Carole. La sphérification [en ligne]. *Cuisine & Molécule.* Document consulté le 24/11/2015. Disponible sur : http://www.cuisine-et-molecule.fr/techniques/spherification
- FLECHIER Laurent et MOYENCOURT Agnès. La sphérification moléculaire [en ligne]. *Cuisine moléculaire*. Document consulté le 26/11/2015. Disponible sur : http://www.blog-moleculaire.com/les-ingredients-et-techniques/la-spherification/
- ANDRE Gilles. Agar agar [en ligne]. *Olympiades nationales de la Chimie*. Document consulté le 25/01/16. Disponible sur : https://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0ahUKEwiD_aLrj7nKAhUC1hQKHR09DzcQFggsMAQ&url=http%3A%2F%2Fparlons-chimie.olympiades-chimie.fr%2FIMG%2Fdocx%2F10_-_structure_agar_et_gelification.docx%3F127%2F5bc85401911c1b6a70d8785c4921011ccf8e8499&usg=AFQjCNFg63P6FVhckPrIC6SmDyU68DuryQ&sig2=r2ZNVwFQA8j6dWh_FMEd0Q&cad=rja
- LAFONT Émilie. Le sucre pétillant (effervescence) [en ligne]. Carbet des sciences. Document consulté le 20/12/15. Disponible sur www.carbet-sciences.net/upload/document-123-20-10-24.pdf
- BRULEZ Régis. Les protides, les lipides et les glucides : définition, rôles et sources [en ligne]. *Scribium*. Document consulté le 13/12/15. Disponible sur : https://scribium.com/regis-brulez/a/les-protides-lipides-et-glucides-definition-roles-et-sources/

- MORTUREUX Marc. Les protéines [en ligne]. *Anses*. Document consulté le 14/12/2015. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/content/les-prot%C3%A9ines

- JOSSE G. Protéine [en ligne]. *Futura Santé*. Document consulté le 29/11/2015. Disponible sur: http://www.futura-sciences.com/magazines/sante/infos/dico/d/biologie-proteine-237/

Vidéos :

- CAZOR, Anne. Chocolat chantilly - Cuisine moléculaire [en ligne]. *Youtube*. Document consulté le 2/12/2015. Disponible sur https://www.youtube.com/watch?v=LZxJCVT6i6w